Première liste annotée des Pythiocées parasites des Plantes cultivées au Congo

par André RAVISÉ et Bernard BOCCAS (Brazzaville)
(avec la collaboration technique de P. Dihoulou)

■

Résumé

L'examen de 600 échantillons de Pythiacées isolés au Congo à partir de 21 plantes-hôtes a permis de reconnaître :

— le *Trachysphæra fructigena*,

— 7 espèces de *Pythium* : *P. aphanidermatum*, *P. butleri*, *P. splendens*, *P. œdochlium*, *P. debaryanum*, *P. ultimum*, *P. vexans*,

— 3 espèces de *Phytophthora* : *P. palmivora*, *P. parasitica*, *P. cinnamomi*.

Les *Pythium* (sauf le *P. butleri*) apparaissent comme très polyphytes provoquant des dégâts importants dans la plupart des cultures. Les *Phytophthora* sont largement répandus, attaquant surtout les cultures fruitières.

Les caractères morphologiques et biologiques de chaque Champignon sont brièvement décrits ; on s'est particulièrement attaché à la recherche des éléments nutritifs nécessaires à la réalisation du cycle biologique ; les résultats de tests concernant le pouvoir pathogène sont donnés. Diverses méthodes de lutte sont préconisées selon qu'il s'agit de semis et pépinières, de cultures arbustives ou de cultures maraîchères.

Introduction

Cette liste annotée correspond à la phase initiale d'une étude des Pythiacées parasites des cultures tropicales commencée en 1966 dans la République du Congo. Le but des premières recherches était d'une part d'examiner la répartition des espèces pathogènes et l'intensité du parasitisme en fonction du climat de chaque région et d'autre part d'étudier l'influence éventuelle des conditions écologiques sur la physiologie des parasites.

Zones prospectées

Les prospections ont été effectuées dans des régions à climats équatorial et tropical, entre 5° de latitude sud et 2° de latitude nord, 11°5 et 16° de longitude est. Le relief, la proximité de la mer et surtout les flux d'air concernant les couches moyennes et supérieures de l'atmosphère, en provenance des divers centres d'action intéressant cette région du globe, provoquent une répartition asymétrique des climats dans les régions situées au sud et au nord de l'Equateur. Dans les premières existe une saison sèche et fraîche d'environ 4 mois pendant laquelle la température

s'abaisse souvent en dessous de 20 °C ; malgré la proximité de la mer les précipitations annuelles varient de 1.300 mm à 1.600 mm suivant le relief, avec 2 maxima situés en mars-avril et en novembre-décembre. Les cultures traditionnelles et industrielles sont concentrées dans la Vallée du Niari et dans le Pool autour de Brazzaville, avec une moindre densité, sur le plateau des cataractes, les massifs du Chaillu et du Mayombe, la frange littorale avec le Kouilou. Dans la zone équatoriale et au nord de celle-ci la saison sèche est estompée ; la pluviométrie varie de 1.600 mm à 2.000 mm avec au niveau du 2° de latitude nord une atténuation en juillet-août et décembre-janvier. La température et l'humidité restent constamment élevées. En plus des cultures vivrières, les plantations industrielles pérennes, notamment le palmier à huile et le cacaoyer, sont surtout implantées dans la cuvette congolaise et dans la Sangha.



Fig. 1. — Carte de la République du Congo indiquant les zones prospectées.

Hôtes étudiés

Les prélèvements ont été effectués sur une partie des cultures alimentaires, fruitières et industrielles. Des résultats positifs furent obtenus sur 21 hôtes répartis comme suit :

— cultures alimentaires : taro, *Artocarpus*, poivrier, chou, épinard, *Hibiscus esculentus* (gombo), aubergine, poivron, piment, tomate, salade ;

— cultures fruitières : ananas, avocatier, papayer, agrumes, manguier, safoutier ;

— cultures industrielles : cocotier, cacaoyer, hévéa.

Matériel et techniques

La liste annotée concerne exclusivement les espèces phytopathogènes dont près de 600 échantillons ont été étudiés *in vitro*. Les caractères morphologiques et biologiques de chaque espèce ont été établis à partir de souches pures et comparativement à des souches de référence provenant de mycothèques. Une exception à cette technique a concerné des isolements de *Phytophthora* du type *palmivora* provenant de nécroses de panneaux de saignée d'hévéa et de pourriture du cœur de cocotier qui, infectés par des bactéries résistantes aux antibiotiques utilisés, ont été identifiés à partir de rares sporocystes formés dans ces conditions.

L'étude de la morphologie a été effectuée sur différents milieux de culture, en particulier des décoctions gélosées d'avoine, de pomme de terre, de pois. Elle a porté sur l'organisation générale des thalles, la formation et les dimensions des chlamydospores, des sporocystes et des oospores. Les courbes de croissance sur extrait gélosé et glucosé de pomme de terre ont été établies pour une gamme de températures allant de 20 °C à 37 °C. L'étude des besoins nutritifs pour la réalisation du cycle biologique, notamment l'aptitude à utiliser des sources minérales de soufre et d'azote ainsi que la prototrophie ou l'hétérotrophie pour la thiamine, a facilité le classement des souches. Afin de déterminer la variabilité du matériel expérimental, les mêmes tests furent appliqués à des clones d'origine monozoospore provenant de 32 de ces souches : les variations se révélèrent de très faible amplitude, le plus souvent nulles.

En tenant compte des divers critères, malgré des fluctuations pour certains caractères morphologiques, la presque totalité des échantillons a été rattachée à des espèces connues de *Pythium* et de *Phytophthora*. En outre, 16 souches choisies dans les groupes où subsistait une équivoque ont été envoyées au Central Bureau voor Schimmelcultures à Baarn pour détermination.

L'étude de la conservation dans le sol a été effectuée avec de la terre tamisée au tamis à mailles de 1 mm, humidifiée puis stérilisée à l'autoclave à 125 °C. Les fragments de culture furent déposés sous quelques millimètres de terre, dans la moitié des cas à proximité d'un fragment de racine de papayer.

La détermination du pouvoir pathogène de quelques souches par espèce a été réalisée avec un nombre restreint d'hôtes et à deux stades de végétation : *in vitro* sur de jeunes plantules de tomate, en culture en pots sur des plants de tomate, aubergine, gombo, papayer, arachide, coton, tabac en cours de croissance et maintenus en chambre d'incubation dans des conditions constantes d'humidité et de température. Tant pour les essais de survie dans le sol que pour la recherche des caractères parasitaires, des clones d'origine monozoospore furent testés comparativement aux souches dont ils provenaient. De plus, la gamme d'hôtes testés pour les *Phytophthora* comportait 3 plantes de culture industrielle : ananas, cacaoyer, hévéa.

Genre **Trachysphæra** Tab. et Bunt.

Dans ce genre, une seule espèce, *Trachysphæra fructigena* Tab. et Bunt., a été identifiée au Congo.

Le parasite attaque les cabosses de cacaoyer soit dès les premiers stades de formation, soit en cours de maturation. Des taches beiges ou brunes apparaissent à la suite de blessures ou de piqûres d'insectes ou plus rarement, semble-t-il, sur l'épicarpe indemne. Ces taches, ovales ou circulaires, légèrement déprimées, ont à l'origine quelques millimètres de diamètre. Elles s'étendent rapidement, surtout entre les nervures des cabosses. Les tissus deviennent spongieux et sont recouverts par un mycélium ras, pulvérulent, blanc parfois légèrement teinté de jaune ou de rose. Cet aspect a fait qualifier la maladie de « pourriture farineuse » des cabosses. Le parasite pénètre jusqu'aux fèves dont il provoque la décomposition. Fréquemment le *Lasiodiplodia theobromæ* Grif. et Maub. est associé ou succède au *Trachysphæra fructigena* et provoque des taches noirâtres qui traversent tous les tissus de la cabosse. De nombreux *Fusarium* envahissent les tissus en cours de décomposition. D'après Goujon [7], « la sporulation intervient généralement trois jours après la pénétration du parasite à 26 °C ». La production de sporocystes est intense et ceux-ci sont facilement disséminés par le vent. Le parasite se conserve dans les cacaoyères soit sur le sol, soit sur les arbres dans les cabosses infectées qui ne sont pas évacuées.

Dans les plantations du Mayombe, même en saison sèche, le champignon se développe abondamment car l'hygrométrie atteint 90 pour 100 vers 18 heures et la saturation après le coucher du soleil ; en outre, d'importantes rosées matinales favorisent la pénétration du parasite qui peut se produire seulement en présence d'eau [7].

Les dégâts sont surtout importants dans les cacaoyères trop ombragées ou dans celles insuffisamment taillées : il s'y établit un micro-climat humide favorable à la pullulation de l'agent pathogène. De même, l'irrégularité ou l'absence des traitements phytosanitaires permet au *T. fructigena* de survivre entre deux cycles de fructification. Dans ces conditions, les pertes concernent non seulement une quantité importante de jeunes cabosses mais surtout une grande partie des cabosses mûres.

En culture pure, le *T. fructigena* produit un thalle presque exclusivement intramatriciel, les hyphes aériennes forment un feutrage blanchâtre et ras. Les filaments mycéliens sont hyalins, de diamètre irrégulier. Vers leurs extrémités, ils sont renflés en vésicules de taille variable portant des sporocystes échinulés. Ceux-ci ont en moyenne 30 μ de diamètre, ils sont hyalins et garnis de spicules de 3 à 4 μ de long. Ce parasite n'a pas été isolé des autres hôtes habituels : caféier, bananier, avocatier.

Genre **Pythium** Prings.

La proportion de souches de *Pythium* isolées au cours des deux premières années de prospection est de l'ordre de 90 pour 100. Cette prédominance a plusieurs causes. Les cas les plus graves de dépérissement avaient pour origine des nécroses de collet ou de racines. A ce niveau prédominent les *Pythium* et, lorsque des souches de *Pythium* et de *Phytophthora* se trouvent mélangées dans un même prélèvement, la vitesse de croissance élevée des premières, leur plus grande résistance à la concurrence des bactéries, provoquent l'élimination du *Phytophthora* s'il n'est pas séparé rapidement. En outre, dans le cas d'attaques de *Phytophthora* sur tiges, sur troncs ou sur fruits, en peu de temps une mycoflore complexe envahit les tissus nécrosés d'où il n'est pas possible d'extraire le parasite initial.

Les *Pythium* phytopathogènes ont été classés dans sept espèces.

Pythium aphanidermatum (Eds.) Fitzp.

Cet agent pathogène a été isolé sur racines d'avocatier et d'agrumes. Il attaque également l'aubergine, le piment, la tomate, le haricot, l'épinard, le papayer, le gombo. Il est vraisemblable que d'autres cultures sont attaquées par cet organisme polyphyte et présent dans toutes les régions prospectées. Il sévit dans tous

les sols, même sur défrichements. Toutefois, les dégâts qu'il provoque sont plus importants dans des cultures pérennes, d'arbres fruitiers en particulier, et dans des jardins exploités sans interruption, soit en bas-fonds humides, soit sur alluvions en bordure de rivières où le taux d'humidité demeure élevé.

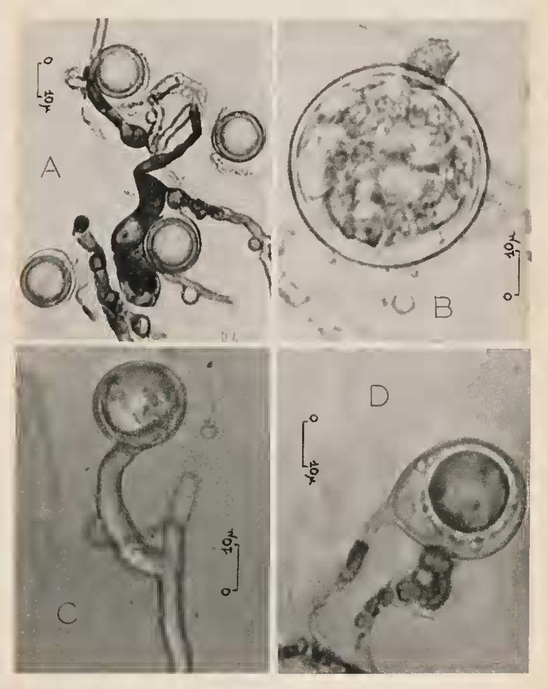


Planche I. — *Pythium* :

A. *P. aphanidermatum*. Oospores et sporocystes.
B. *P. splendens*. Oospore et anthéridie.
C. *P. ultimum*. Oospore et anthéridie.
D. *P. debaryanum*. Oospore et anthéridie.

Le champignon provoque des pourritures molles des racines et parfois des nécroses du collet. D'après nos observations, l'attaque des racines peut débuter à n'importe quel niveau et à tous les stades de croissance. Les tissus corticaux brunissent, deviennent spongieux puis se décomposent en dégageant le cylindre central dont les fibres ligneuses se dissocient. Les tissus parasités contiennent un réseau dense de filaments hyalins, irréguliers et abondamment ramifiés, de 3 à 6 μ de diamètre.

Ces dégradations déterminent, à plus ou moins long terme, la flétrissure des parties aériennes ; les attaques de collet chez les plantes peu lignifiées, notamment la tomate, l'aubergine, provoquent la rupture des tiges. Un cas de pourriture de papayes situées à proximité du sol a été décelé ; le *P. aphanidermatum* était associé à plusieurs espèces de *Fusarium*.

En culture pure, le champignon forme un thalle dense avec un mycélium aérien abondant, blanc soyeux. Les hyphes cylindriques, ayant de 3 à 7,5 μ de diamètre, possèdent une paroi mince pouvant toutefois s'épaissir dans des cultures âgées de plus de 2 semaines. Dans les parties intramatricielles du thalle se constituent fréquemment des agrégats de filaments. Des chlamydospores globuleuses, d'environ 15 μ de diamètre, le plus souvent hyalines, à paroi lisse, intercalaires ou terminales, se forment surtout dans le mycélium aérien. Certaines chlamydospores intercalaires s'entourent d'une paroi épaisse et ne germent pas dans le substrat.

Les sporocystes non différenciés sont constitués par des portions d'hyphes renflées, séparées du thalle par une cloison. En milieu liquide, ils germent soit en formant des filaments, soit en libérant des zoospores par l'intermédiaire d'une vésicule fugace. Cette propriété a été utilisée en laboratoire pour établir des clones monozoospores mais n'a pas fait l'objet d'étude quant aux possibilités de dissémination du parasite.

Les oogones se forment rapidement et en grand nombre sur tous les milieux de culture. Ils sont fréquemment intercalaires, parfois situés à l'extrémité des hyphes. Sphériques, ils ont en moyenne 25 à 27 μ de diamètre (de 20 à 35 μ) et possèdent une paroi mince et lisse. Les anthéridies sont paragynes, portées par la même hyphe que l'oospore, monoclines. En forme de cloche ou de tonnelet, elles mesurent le plus souvent 12-16 $\mu \times$ 10-12 μ. Les oospores sont de dimensions plus réduites que les oogones et leur paroi, lisse, jaune clair, peut avoir de 3 à 5 μ d'épaisseur. Elles germent *in situ* soit en émettant un ou plusieurs filaments, soit en ébauchant une ampoule ressemblant à un sporocyste.

La croissance radiale des 15 souches testées est très rapide entre 20 °C et 37 °C. L'optimum thermique se situe entre 33 ° et 35 °C (fig. 2).

Les besoins nutritifs ont été étudiés pour 18 souches. Elles réalisent leur cycle sur un milieu contenant des sources minérales de soufre et d'azote sous forme de nitrite, de nitrate ou d'ammonium, et un sucre. Elles dégradent la cellulose.

Malgré ces possibilités, la conservation dans un sol tamisé humide et stérile semble irrégulière. Après 2 et 4 mois de conservation, les échantillons réisolés avaient conservé leur pouvoir pathogène pour la tomate.

Des inoculations expérimentales ont été réalisées sur plantules de tomates cultivées aseptiquement avec 4 souches et 4 clones d'origine monozoospore issus de ces souches. Ils ont tous provoqué la mort des plantules en quelques jours.

Les infections réalisées par arrosage de la base des tiges de plants âgés de 10 jours, avec une suspension de mycélium broyé, ont donné les résultats suivants en atmosphère saturée et à 27 °C : le papayer, le gombo, la tomate et l'aubergine ont une mortalité supérieure à 80 pour 100 en moins d'une semaine. Le coton — variété BJA 592 de l'I.R.C.T. — est plus résistant, toutefois les nécroses de collet provoquent la chute des trois quarts des plants une dizaine de jours après

l'infection. Une variété locale d'arachide, blanche à 2 loges, est peu sensible ; toutes les plantules ayant survécu à l'attaque du collet, en sol sableux et normalement drainé, ont une croissance équivalente à celle du témoin. Par contre, deux variétés locales de tabac inoculées 10 jours après la levée, maintenues en atmosphère normale avec de fortes réductions diurnes de l'hygrométrie, se sont révélées très sensibles, la mortalité variant de 75 pour 100 à 100 pour 100 dix jours après l'apport de parasite.

Pythium butleri Subr.

Les souches décrites ci-dessous semblent affines au *P. butleri*. Isolées seulement à partir de racines nécrosées d'*Hibiscus esculentus*, de manguiers en pépinière et de poivron dans les régions de Brazzaville et de Pointe-Noire, elles sont mentionnées dans cette liste annotée à cause de la virulence qu'elles ont manifestée *in vitro* pour des plantules de tomates.

Les symptômes ressemblent à ceux provoqués par le *P. aphanidermatum* : attaque du système radiculaire et flétrissement des parties aériennes. Dans deux cas, l'évolution de la maladie n'était pas favorisée par l'engorgement du sol. Il s'agissait d'une part, dans la ceinture maraîchère de Pointe-Noire, d'une plantation de gombo située en bordure de drain et à environ un mètre au-dessus de la nappe phréatique, et d'autre part d'une pépinière de manguiers installée sur sol sablonneux et en pente, située nettement au-dessus du niveau du Congo.

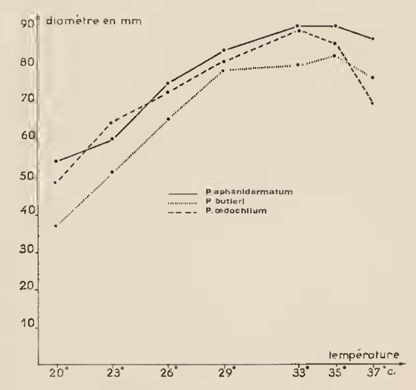


Fig. 2. — Croissance radiale en 24 h. des *Pythium aphanidermatum* (souche isolée d'aubergine), *P. butleri* (souche isolée du poivron) et *P. œdochilum* (souche isolée de gombo).

En culture pure, le champignon forme un thalle blanc grisâtre, serré, fibreux. Les hyphes possèdent une paroi grêle, réfringente ; leur diamètre varie de 3 à 6 μ, parfois 7 μ. Elles sont sinueuses, fréquemment ramifiées à angle droit et portent des renflements qui semblent correspondre à des protosporocystes. Ceux-ci s'isolent du

thalle par une cloison. La libération des zoospores intervient par l'intermédiaire d'une vésicule relativement fugace. Les oogones se forment sur toutes les parties du thalle ; leur diamètre moyen est de l'ordre de 30 μ. La fécondation est paragyne. L'anthéridie est allongée ou en forme de croissant ; il existe parfois 2 anthéridies par zygote. L'oospore garnit la cavité de l'oogone, elle s'entoure d'une paroi épaisse de 4 μ, lisse, régulière, de couleur jaune. Aucune germination d'oospore n'a été observée.

Les souches étudiées ont une croissance très rapide entre 20 ° et 37 °C, l'optimum se situe entre 33 ° et 35 °C. A 37 °C, aucune dépression nette n'est décelée après 48 h de culture (fig. 2).

Les exigences nutritives des 4 souches étudiées sont homogènes : elles assimilent l'azote seulement sous forme ammoniacale ou nitrique, ce qui les distingue des souches locales de *P. aphanidermatum* capables de vivre en présence d'un nitrite.

Des inoculations expérimentales ont été effectuées avec trois souches et deux clones d'origine monozoospore, sur des plantules de tomates cultivées aseptiquement. Dans tous les cas les plantules sont mortes en peu de jours.

Pythium splendens Braun

Cette espèce est la plus fréquente dans la République du Congo. Elle a été isolée sur taro, épinard, salade, chou, *Hibiscus esculentus*, poivrier, cacaoyer, agrumes, avocatier, papayer, aubergine, piment, poivron et tomate. Les Solanacées et le gombo paraissent particulièrement vulnérables.

Ce champignon semble aussi actif dans toutes les zones climatiques et dans tous les types de sol. Il attaque principalement les racines et les collets. Dans les systèmes radiculaires des Solanacées, des choux, des papayers il est souvent associé à des nématodes parasites ; dans les sols compacts et humides les tissus nécrosés contiennent simultanément le *P. splendens* et d'autres espèces, notamment les *P. aphanidermatum*, *P. ultimum*, *P. debaryanum*.

L'attaque des racines semble débuter par les poils absorbants puis remonter, dans les tissus parenchymateux, vers les racines principales. Chez le gombo et les Solanacées s'observent de nombreux filaments intercellulaires qui détruisent la lamelle moyenne des parois et de gros appendices intracellulaires ; des chlamydospores occupent fréquemment les cellules mortes. Puis le cortex des racines est entièrement détruit, sauf l'épiderme qui forme un manchon autour du cylindre central qui subit une décomposition fibreuse.

Sur collet, les altérations peuvent se produire au niveau de blessures mal cicatrisées ou de tissus sains. A des taches brunes succèdent assez rapidement une ou plusieurs nécroses verticales, longues de quelques centimètres et larges de 5 à 15 millimètres, brun-noir, déprimées au centre. Ces lésions peuvent se rejoindre, ceinturer la base du plant puis provoquer l'affaissement de la tige. Un stade avancé de l'altération des racines ou des collets détermine le flétrissement d'une partie ou de l'ensemble du feuillage puis la chute des feuilles les plus âgées. Chez la tomate, la maladie peut évoluer rapidement et provoquer la flétrissure en quelques jours, surtout au stade de la floraison. Les feuilles ou les fruits de Solanacées et de papayer se trouvant au contact du sol ou souillés par des projections de terre pourrissent rapidement ; dans ce cas des *Fusarium* sont isolés avec le *P. splendens*. Chez le taro le parasite a été isolé à partir de tubercules cultivés dans des sols insuffisamment drainés. La pénétration semble s'y réaliser dans les mêmes conditions que ci-dessus ; elle est suivie dans de courts délais par une décomposition des tissus de réserve à laquelle participe une micro-flore abondante puis par la flétrissure du feuillage.

Le *P. splendens* produit en culture pure un thalle blanc terne, fibreux mais se détachant aisément du substrat. Les hyphes ont de 3 à 6,5 μ de diamètre, leur

paroi, d'abord grêle, a une épaisseur de l'ordre de 0,5 μ. Ces filaments comportent des renflements répartis irrégulièrement, les ramifications se forment presque à angle droit. Les chlamydospores intercalaires ou terminales, nombreuses dès le troisième jour de culture, sont polymorphes : ovoïdes, limoniformes ou globuleuses. Les chlamydospores ont de 12 à 20 μ de diamètre, celles situées à l'extrémité des hyphes de 20 à 45 μ, 30 μ en moyenne. Elles possèdent une paroi lisse, hyaline, épaisse de 0,5 à 0,8 μ et peuvent se détacher du thalle par rupture du filament mort. Elles germent en émettant une ou plusieurs hyphes.

Les sporocystes sont difficilement décelables. Certains sont de forme allongée et rappellent les pré-sporocystes du *P. aphanidermatum*, d'autres sont subsphériques et de dimensions voisines de celles des chlamydospores. Ils libèrent des zoospores de 12-15 μ de diamètre soit par l'intermédiaire d'une vésicule fugace, soit par une simple déchirure de la paroi.

Les oospores ont été observées chez peu de souches. Sphériques, elles ont de 25 à 30 μ de diamètre et sont soit intercalaires, soit terminales. La paroi est hyaline, lisse, épaisse d'environ 2 μ. Les anthéridies paragynes, monoclines ou diclines, claviformes ou vésiculeuses, mesurent 10-15 μ × 8-12 μ.

Le parasite a une croissance rapide entre 20 °C et 30 °C, l'optimum se situe entre 26 et 29 °C. A 33 °C, apparaît une nette dépression pour la quasi-totalité des 90 souches testées ; la plupart d'entre elles poussent faiblement à 35 °C. La température létale se situe vers 37 °C (fig. 3).

Les 36 souches de *P. splendens*, provenant de différents hôtes, étudiées pour leurs besoins nutritifs, peuvent utiliser un nitrite, un nitrate ou de l'ammonium comme source unique d'azote et dégrader la cellulose *in vitro*. Toutes ces souches peuvent réaliser leur cycle sur un milieu minéral contenant un glucide.

Ainsi, le *P. splendens*, s'il présente quelques analogies avec le *Phytophthora cinnamomi* par sa morphologie et par ses exigences thermiques, en diffère profondément par ses besoins nutritifs limités et son aptitude à dégrader un nitrite.

Afin d'apprécier le pouvoir pathogène du *P. splendens*, les infections expérimentales ont été réalisées de telle façon que les plants ne subissent pas de lésion facilitant la pénétration du parasite ou celle d'autres espèces qui accroîtraient son action.

In vitro, 11 souches et 11 clones monozoospores issus de celles-ci furent testés par apport d'inoculum liquide sur des plantules de tomate cultivées aseptiquement. Dans tous les cas les plantules furent tuées en quelques jours avant ou au stade 2 feuilles.

Des plants de papayer âgés de 2 mois, des plants de gombo, de coton — variété BJA 592 —, de tomate, d'aubergine âgés d'un mois et demi ont été inoculés par pulvérisation sur les parties aériennes d'un broyat de culture filtré sur tamis à mailles de 50/90 μ. Les plants furent maintenus en chambre d'incubation à 26 ° ± 1/2 °C et dans une atmosphère saturée d'humidité. Dans ces conditions, la variété de gombo et à un moindre degré celles de tomate et d'aubergine sont rapidement parasitées. Dès la fin de la première semaine les collets portent une ou plusieurs nécroses allongées et l'altération des tissus de soutien peut provoquer l'affaissement des tiges. Plus lente, l'attaque des papayers a provoqué une chute des feuilles, des dégâts des racines et des collets. Sur des pétioles et des feuilles de cotonnier, 10 jours après l'inoculation, des taches verdâtres, d'aspect huileux, contiennent des filaments qui ont envahi les parenchymes avec en surface des groupes de chlamydospores.

Pythium œdochlium Drechsler

Ce champignon a été trouvé dans six séries d'isolements réalisées dans les environs de Brazzaville et dans la ceinture maraîchère de Pointe-Noire sur man-

guiers en pépinière, gombo, poivron et piment. Sauf pour le premier hôte, les racines étaient attaquées par d'autres *Pythium*, *P. splendens* notamment, et parfois par des nématodes.

Les nécroses de racines sur jeunes plants de manguier ressemblent à celles provoquées par *P. splendens*. Les tissus mous se décomposent et la plante ne régénère pas son système radiculaire.

Le champignon forme un thalle abondant en culture pure. Le mycélium aérien est dense, blanc-grisâtre, à trame serrée. Les hyphes ont de 3 à 8 μ de diamètre, leur paroi, réfringente, d'abord grêle, s'épaissit jusqu'à atteindre 0,5 μ et plus. Les filaments se ramifient abondamment et presque à angle droit. Cylindriques à la base, les hyphes intra-matricielles sont souvent toruleuses vers l'apex ; elles forment également des agrégats ayant de 100 à 500 μ, dispersés dans le milieu. Les chlamydospores sont peu nombreuses. Intercalaires ou terminales, elles sont globuleuses à réniformes, à paroi lisse, et leur diamètre varie de 10 à 25 μ, le plus souvent 15-20 μ.

Les sporocystes, peu nombreux, se forment surtout sur le mycélium aérien. Ils sont soit ovoïdes (28-30 × 30-35 μ), soit subsphériques (30-35 μ). Ils ne possèdent pas d'épaississement apical, mais certains présentent une ébauche de papille. Dans les cultures âgées les sporocystes se détachent du thalle.

Les oogones ont de 30 à 35 μ de diamètre, ils sont intercalaires ou situés à l'extrémité de filaments, le pédicelle de l'oogone est parfois renflé. Chaque oospore porte d'une à trois anthéridies paragynes en forme de crête ou d'ampoule, monoclines ou diclines, mesurant de 10 à 16 μ × 4 à 10 μ. L'oospore ne remplit pas la cavité de l'oogone ; sa paroi est jaune, épaisse de 4 à 5 μ.

Ce champignon a une croissance très rapide entre 20 °C et 37 °C, l'optimum se situe à 33 °C (fig. 2).

Il existe des différences entre les besoins nutritifs de ces souches, notamment pour l'utilisation de l'azote minéral. L'une d'elles forme un thalle filamenteux en présence de nitrite. Toutes réalisent leur cycle en présence d'ions nitrate, mais la plupart ont une croissance moindre et une reproduction sexuée réduite sur un milieu contenant seulement de l'ammonium.

D'après les essais réalisés en laboratoire, ce champignon se conserve peu de temps dans un sol tamisé et stérile.

Les infections expérimentales sur plantules de tomate cultivées aseptiquement ont été réalisées avec une souche isolée sur manguier et le clone d'origine monozoospore correspondant ; ceux-ci ont provoqué la mort des plantules en quelques jours. De même, sur des plants âgés de dix jours cultivés en pots, deux souches se sont avérées parasites pour la tomate, l'aubergine, le papayer, deux variétés de tabac cultivées au Congo, une variété d'arachide locale, blanche à deux loges. La variété de coton BJA 592 et une variété d'*Hibiscus esculentus* à fruits courts sont peu sensibles, les lésions au collet ou sur les racines demeurent superficielles et ne déterminent pas la mort des plants.

Pythium debaryanum Hesse

Ce champignon polyphyte a été isolé dans toutes les régions du Congo dans des conditions constantes : sols lourds, argilo-sableux, gorgés d'eau ou insuffisamment aérés. Il provoque, le plus souvent seul, parfois associé à *P. aphanidermatum* ou à des nématodes, des pourritures de racines et de collets, en pépinières ou sur de jeunes plants. Les principaux hôtes sont le cacaoyer, le manguier, le safoutier, le poivrier l'avocatier, l'épinard, la tomate, le poivron et l'aubergine.

Les symptômes sur cacaoyer en pépinière ou après transplantations ressemblent à ceux provoqués par le *P. vexans*. Les pivots sont parfois tordus, les racines

atteintes brunissent et ne sont pas remplacées. Le feuillage se dessèche progressivement ainsi que les jeunes rameaux. Dans certaines parcelles, le taux de mortalité a atteint 50 pour 100 trois mois après la transplantation. Une évolution identique a été observée sur des avocatiers, safoutiers et manguiers en pépinière. Sur poivrier, le parasite a été isolé de boutures et de jeunes plants. En pépinière, dans un sol battant et périodiquement engorgé à cause d'un excès d'arrosage, plus d'un tiers des boutures émettent lentement quelques racines et meurent, leur écorce brunâtre se décolle du bois. Les plants de poivrier fanés présentent des nécroses et un arrêt de la formation des racines.

Sur Solanacées et sur épinard, les symptômes se manifestent le plus souvent vers la fin de la croissance lorsque les racines atteignent, vers 15 ou 20 centimètres de profondeur, les zones plus compactes et plus humides du sol. La pourriture débute vers l'apex des racines les plus profondes. Les poils absorbants et les radicelles brunissent et se décomposent. Les parenchymes des racines subissent une pourriture molle à laquelle participe une mycoflore complexe. Le flétrissement des parties aériennes apparaît soit par rameaux successifs au fur et à mesure de la destruction des racines soit brutalement pour tout le plant lorsque l'absorption d'eau devient insuffisante.

En culture pure, le champignon produit un thalle blanc mat, avec un mycélium aérien abondant à trame serrée. Les hyphes sont sinueuses avec de nombreuses ramifications formant un angle aigu avec l'axe principal ; elles possèdent une paroi grêle, hyaline, leur diamètre varie de 2,5 à 6 μ. Les chlamydospores sont globuleuses, lisses, généralement intercalaires avec un diamètre de 10 à 15 μ. Les sporocystes sont fréquemment portés par un sporangiophore grêle, de longueur variable, ayant de 2,5 à 3,5 μ de large. Les sporocystes ovoïdes ou limoniformes mesurent 20-25 $\mu \times$ 15-20 μ, les sporocystes globuleux ont de 20 à 25 μ de diamètre. Certains d'entre eux présentent un léger renflement apical. Il n'a pas été possible de déterminer s'il s'agit d'une papille peu différenciée ou d'une ébauche de tube germinatif car ces sporocystes transportés au micromanipulateur semblent s'enkyster. Le plus souvent les sporocystes germent en produisant un ou plusieurs filaments. L'émission de zoospores ne semble possible qu'après transfert d'un fragment de culture, réalisé sur une décoction gélosée, dans de l'eau stérile et une exposition d'une durée variable à la lumière. Les zoospores paraissent libérées par l'intermédiaire d'une vésicule fugace.

Les oogones sont intercalaires ou terminaux, sphériques, d'un diamètre variant de 16 à 22 μ, atteignant rarement 25 μ. Les anthéridies sont soit en forme d'ampoule, soit claviformes, parfois légèrement aplaties sur l'oospore ; lorsqu'elles sont vides, leur paroi externe se froisse ; leurs dimensions sont de 8-15 $\mu \times$ 4-8 μ. La plupart des oospores portent plusieurs anthéridies, généralement 2 ou 3, diclines, parfois monoclines, mais dans ce cas le filament anthéridial se ramifie loin de la base de l'oogone.

L'oospore n'occupe pas toute la cavité oogoniale. Sa paroi est lisse, teintée de jaune.

Ce champignon a une vitesse de croissance très rapide dont l'optimum se situe vers 30 °C mais qui s'atténue sensiblement vers 20 °C et au-delà de 33 °C. Cependant, six des dix souches testées poussent ou sont seulement inhibées à 37 °C. La température létale semble se situer entre 37 ° et 38 °C (fig. 3).

L'étude des éléments nutritifs nécessaires à la réalisation du cycle a été effectuée avec 13 souches. Celles-ci se répartissent en deux groupes de même importance. L'un est constitué de souches prototrophes pour la thiamine, l'autre de souches ne formant que des ébauches d'organes de reproduction sexuée et de rares oospores en l'absence de ce facteur de croissance. Il ne semble pas exister de relation entre l'hétérotrophie pour la thiamine, la spécialisation parasitaire, les exigences thermiques ou l'origine géographique de ces souches. L'ensemble des souches utilise l'azote minéral sous forme ammoniacale ou nitrique.

Les essais de conservation dans de la terre tamisée humide et stérilisée ont porté sur deux souches et deux clones d'origine monozoospore. Des réisolements positifs, les souches ayant conservé leurs caractéristiques initiales, ont été obtenus jusqu'à deux mois de conservation.

Les infections expérimentales sur plantules de tomate cultivées aseptiquement ont été effectuées avec une souche et un clone d'origine monozoospore qui sont très virulents pour cet hôte.

Deux autres souches ont été inoculées, par arrosage du sol, à des plants de 10 jours cultivés en pots à 27 °C et en atmosphère saturée. Elles se sont avérées pathogènes pour la tomate, l'aubergine, le coton — variété BJA 592 —, le papayer, le gombo. L'arachide blanche locale, à deux loges, est surtout sensible en début de levée. Les plants ayant dépassé ce stade survivent normalement dans un sol infecté mais bien aéré ; l'expérience a été arrêtée avant la formation des gynophores. Sur tabac, les symptômes apparaissent moins vite sur la variété Maryland que sur la variété locale ; dans les deux cas la moitié des plants est morte dans les dix jours suivant l'inoculation.

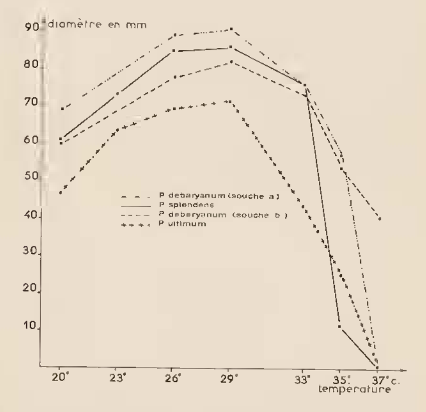


Fig. 3. — Croissance radiale en 24 h. des *Pythium debaryanum* (souche a, isolée de manguier : pas de croissance à 37 °C), *P. debaryanum* (souche b, isolée de poivron : croissance à 37 °C) et *P. splendens* (souche isolée de tomate) ; croissance radiale en 48 h. du *P. ultimum* (souche isolée de piment).

Pythium ultimum Trow.

Le *Pythium ultimum* ne semble pas, d'après les premières prospections, être aussi répandu que les espèces précédentes. Il a été isolé sur aubergine, tomate, piment, poivron, chou, agrumes, avocatier, cocotier, cacaoyer, manguier. Il attaque

les racines et les collets dans des terrains sablonneux mais fréquemment arrosés ou dans des sols compacts gorgés d'humidité. Dans une partie des cas, il a été isolé seul, dans d'autres il se trouvait associé à des nématodes sur plants de poivron ou au *P. splendens* sur plants de tomate.

Les symptômes les plus typiques ont été observés en pépinière dans un sol léger sur des plants d'avocatiers âgés de 6 mois. A la flétrissure et la chute partielle des feuilles correspondaient un brunissement et des fissures de l'écorce à la base des tiges. Les collets portaient des nécroses brun-gris, déprimées, souvent reliées directement aux racines entièrement décomposées. Des symptômes analogues ont été observés sur des orangers en pépinière arrosée par aspersion et des plants de piment adultes cultivés dans des sols où il devait y avoir un engorgement périodique. Parmi de jeunes cacaoyers transplantés dans des sols compacts et humides, des cas de mortalité étaient dus exclusivement à ce parasite qui semblait avoir pénétré par les radicelles endommagées lors de la mise en place par suite de la dislocation des mottes de terre entourant les racines.

Sur cocotier, le parasite a été isolé de nécroses du bourgeon terminal à partir de tissus en cours de décomposition.

En culture pure, le *P. ultimum* forme un thalle blanc terne, assez dense et fibreux. Les hyphes, à paroi grêle, ont de 2,5 à 5 μ de diamètre. Les chlamydospores, essentiellement intercalaires, globuleuses à ovales, lisses, mesurent 18-22 $\mu \times$ 15-18 μ. Les sporocystes, ovoïdes ou subglobuleux, ont de 20 à 25 μ de diamètre. Ils sont dépourvus de papille et ne possèdent pas d'épaississement apical. Le plus souvent ils germent en émettant un filament ; la libération de zoospores ne semble pas toujours s'effectuer par l'intermédiaire d'une vésicule, à moins que celle-ci, particulièrement fugace, n'ait pas été décelée dans certains cas.

Les oogones se forment en abondance sur toutes les parties du thalle. Ils sont sphériques à paroi lisse, leur diamètre moyen est de l'ordre de 20 μ. Les anthéridies, paragynes du type monocline, en forme de faucille, recouvrant un quart à un tiers de l'oogone, mesurent 11-15$\mu \times$ 3-7 μ et restent le plus souvent fixées à l'oospore. Les oospores ont de 18 à 20 μ de diamètre et remplissent pratiquement la cavité de l'oogone. Leur paroi lisse, épaisse de 1,5 à 2,5 μ, est légèrement teintée de jaune. Des cas de germination ont été observés dans des thalles cultivés sur extrait d'avoine gélosé.

Ce champignon a une croissance lente par rapport aux *Pythium* précédents. La température optimale de situe entre 27° C et 29 °C. A 33 °C la croissance est ralentie, elle cesse à 35 °C pour cinq des douze souches testées. La température létale semble se situer entre 35° C et 36 °C (fig. 3).

Contrairement à la souche de référence provenant du C.B.S., les souches du *P. ultimum* récoltées au Congo n'utilisent pas les nitrites. Les 15 souches, y compris celle de référence, peuvent élaborer en présence de sources minérales de soufre et d'azote ammoniacal ou nitrique un thalle intra-matriciel portant en quantités variables des sporocystes, des chlamydospores, des ébauches d'organes de reproduction sexuée et parfois de rares oospores. Ces 15 souches ont besoin de thiamine pour réaliser normalement leur reproduction sexuée.

D'après les expériences effectuées avec quatre souches et des clones d'origine monozoospore correspondants, la conservation dans un sol tamisé et stérile n'excède pas deux mois.

Les expériences, quoique limitées, ont révélé qu'il existe des différences importantes de pouvoir pathogène dans cet échantillonnage de *P. ultimum*. Des inoculations effectuées avec deux souches et deux clones correspondants sur des plantules de tomates en culture aseptique ont permis de déceler des différences de virulence entre souches mais pas entre souche et clone de même origine. Une souche isolée de tomate a une action parasitaire lente, les plantules ont atteint, en moyenne, une

taille de 4 centimètres avant de mourir. L'autre souche, isolée de manguier, est encore moins virulente : au même stade de croissance, seulement la moitié des plantules sont mortes.

Les inoculations expérimentales réalisées avec deux autres souches du *P. ultimum* en chambre d'incubation et sur des plants âgés de 10 jours ont donné les résultats suivants :

En une semaine, la mortalité est des trois quarts des plants pour la tomate, l'aubergine, le papayer, les deux tiers des plants pour le gombo. Les plants de coton de la variété BJA 592 présentent à une semaine de faibles nécroses externes mais l'envahissement des tissus conducteurs provoque vers le dixième jour la flétrissure puis la mort. Sur arachide locale, blanche à deux loges, l'une des souches provoque la mort de la moitié des plants, la seconde des deux tiers des plants dans les mêmes délais. Toutefois, toutes les arachides qui ont dépassé ce stade critique ont survécu. Sur les variétés locales de tabac, une souche isolée de tomate provoque la mort d'un dixième des plants, l'autre provenant d'avocatier, la mort des trois quarts des plants sur des semis inoculés dix jours après la levée.

Pythium vexans de Bary (syn. *Pythium complectens* Braun)

Le *Pythium vexans* et le *Pythium complectens* sont considérés par plusieurs auteurs, en particulier par Drechsler et par Frezzi, comme synonymes. Les souches récoltées au Congo, hormis des différences morphologiques mineures, présentent de nombreuses analogies concernant leurs profils thermiques et leurs besoins nutritifs. Six souches appartenant à ces deux espèces affines envoyées pour vérification au C.B.S. y ont été déterminées comme appartenant à *P. vexans*.

Ce champignon, contrairement aux références bibliographiques connues, paraît polyphyte et présent dans toutes les régions prospectées. Il a été récolté sur cacaoyer, hévéa, taro, ananas, *Artocarpus*, gombo, papayer, fraisier, agrumes, manguier, safoutier, aubergine, piment.

Il sévit principalement en pépinière ou dans de jeunes plantations, notamment sur cacaoyer. Sur cet hôte, il a été isolé fréquemment, le plus souvent seul, des racines et de collets de jeunes plants issus de semis directs ou récemment transplantés, dans des sols sableux recouvrant une assise imperméable ou dans des terrains compacts.

Les plants attaqués se distinguent aisément par l'arrêt du débourrement des bourgeons puis par le dessèchement et la chute d'une partie de la couronne foliaire. Au niveau du collet les symptômes débutent par de fines crevasses de l'écorce évoluant en nécroses déprimées, brunâtres, à contours irréguliers d'où suinte de la gomme. Les tissus sous-jacents, également atteints, se colorent en rouge et contiennent un mucilage abondant dans la zone pilifère. Les racines brunissent rapidement, les parties molles se décomposent et se détachent du cylindre central, la pourriture remonte progressivement vers les parties les plus âgées. Souvent le pivot est détruit suivant le même processus. L'élongation puis le remplacement des racines cessent dès les premiers stades de l'attaque. L'alimentation réduite de la plante provoque les symptômes observés sur les parties aériennes. Lorsque les plants survivent, les anomalies du système radiculaire persistent longtemps. Ainsi, des plants de 3 ans, attaqués au cours de la première année de végétation, se distinguent des plants sains par une croissance moindre et, en fin de saison sèche, par la flétrissure ou la mort dues à un approvisionnement insuffisant d'eau. Les racines de ces plants peu nombreuses, fréquemment toruleuses et pourvues d'une épaisse couche de liège brun, le pivot souvent réduit à un moignon, exploitent un volume de sol insuffisant.

Ce champignon a été également isolé sur tronc de cacaoyer à partir de chancres situés à proximité du sol. Ceux-ci semblent correspondre à d'anciennes blessures, souvent à un élagage tardif des gourmands. La plaie est entourée d'un bourrelet cicatriciel irrégulier d'écorce granuleuse, parfois spongieuse, aux lèvres

non ou mal soudées par où s'écoule de la gomme. Le cambium et les assises les plus récentes du bois semblent détruits. Le bois sous-jacent est brun-rouge, garni de fines striations noires, verticales. Les nécroses, de dimensions variables, pouvant atteindre 10 à 15 centimètres de-haut, sont souvent limitées par une auréole noire en dents de scie. Dans certains cas, les chancres semblent en liaison, par les assises de bois superficiel, avec une racine latérale pourrie ; ces observations n'ont pas été confirmées par des isolements positifs.

Le *P. vexans* a été également isolé de cabosses de cacaoyer éloignées du sol et présentant d'importantes taches de pourriture brune.

Sur hévéa, le *P. vexans* a été isolé de blessures du talon de greffage proches du sol ou de lésions du tronc d'aspect différent de celles observées en Extrême-Orient. Les attaques sont décelables de l'extérieur par des boursouflures irrégulières de l'écorce qui se craquèle. La cicatrisation des plaies résulte d'une prolifération du bois et de l'écorce qui forment un ou plusieurs bourrelets irréguliers plus ou moins spongieux enrobant parfois du latex coagulé. Les tissus sous-jacents sont détruits. Le bois porte des taches brunâtres généralement striées de noir. Dans certains cas les tissus du bois sont intensément colorés en gris violacé sur plusieurs millimètres d'épaisseur avec des marges irrégulières de couleur foncée. Autour de ces lésions, l'écorce ne contient généralement plus de latex. Des chancres de gouttière de saignée avec des exsudats noirâtres et des chancres de collet parfois en relation avec des lésions de racines latérales ont fait l'objet de prélèvements d'où ni le *P. vexans* ni le *Phytophthora palmivora* n'ont été isolés, probablement à cause de l'invasion des tissus par une mycoflore secondaire particulièrement abondante.

Sur *Artocarpus incisus* ce champignon pathogène a été isolé à partir de chancres du collet ou de la base du tronc d'où s'écoulait un exsudat gommeux rougeâtre, le cambium et le bois étant brun jaunâtre.

Les symptômes sur ananas correspondent à une pourriture du cœur ; isolé seul de rejets en cours de dépérissement, le champignon a été trouvé sur cet hôte seulement dans une région humide et sur sols compacts.

Le *P. vexans* envahit fréquemment les racines et les collets des papayers. Il provoque la pourriture de l'ensemble des tissus du bas de la tige, plus rarement il attaque la couronne foliaire et le pédoncule des fruits en déterminant une pourriture molle. Chez le fraisier, l'aubergine, le piment cultivés en terrain trop humide, le champignon détruit le système radiculaire et provoque une flétrissure rapide.

En culture pure, le *P. vexans* produit un thalle abondant, dense, fibreux, blanc terne. Les hyphes à paroi grêle, sinueuses, très ramifiées, souvent toruleuses à leur extrémité, ont de 2,5 à 4,5 μ de diamètre. Des chlamydospores fréquemment intercalaires, parfois terminales, se forment en moins d'une semaine. Elles sont globuleuses, faiblement teintées en jaune, à paroi lisse et ont de 10 à 15 μ de diamètre.

Les sporocystes sont parfois portés par un sporangiophore de 2 à 3 μ de large et de longueur variable, quasi-perpendiculaire à une hyphe principale. Les sporocystes jaune clair sont globuleux, piriformes, souvent ovoïdes. Ils mesurent 17-25 $\mu \times$ 15-20 μ. Certains d'entre eux semblent faiblement papillés mais ne possèdent pas d'épaississement apical.

Les oogones se forment dans toutes les parties du thalle. Globuleux, de 15 à 20 μ, le plus souvent de 18 μ de diamètre, ils possèdent une paroi mince et lisse. Les anthéridies paragynes sont globuleuses ; si chez certaines souches il y a assez régulièrement deux anthéridies par zygote, dans la plupart des cas la fécondation a lieu par une anthéridie unique et monocline. L'oospore ne garnit pas toute la cavité de l'oogone, sa paroi a de 2 à 4 μ, elle est régulière et légèrement pigmentée.

Dans les milieux de culture, surtout la décoction d'avoine gélosée, des oospores germent directement en émettant une ou plusieurs hyphes.

La vitesse de croissance des 26 souches testées est bien moindre que celle des autres espèces de *Pythium*. En outre, elles poussent faiblement à 20 °C. L'optimum thermique se situe vers 29 °C. Dès 33 °C, la croissance manifeste un net fléchissement ou s'arrête, aucune souche ne pousse à 34 °C. La température létale paraît voisine de 35 °C (fig. 4).

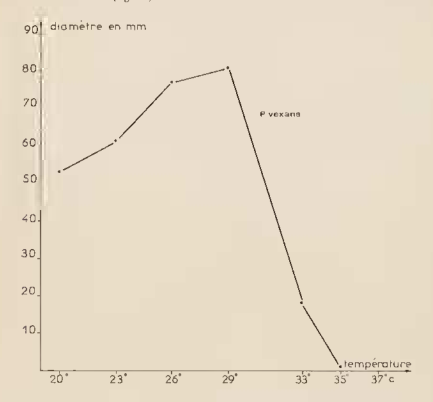


Fig. 4. — Croissance radiale en 48 h. du *Pythium vexans* (souche isolée de cacaoyer).

Les 28 souches étudiées pour leurs besoins nutritifs poussent sur un milieu contenant une source d'azote minéral sous forme ammoniacale ou nitrique mais ont besoin de thiamine pour réaliser leur cycle. Sans cette substance de croissance, il se forme un thalle intra-matriciel à trame lâche constitué exclusivement d'hyphes dont le cytoplasme se lyse en vieillissant. Une souche, dont la détermination a été confirmée par le C.B.S., a un comportement différent : elle pousse sur un milieu contenant un nitrite. D'autre part, elle survit aisément six mois dans un sol humide et stérile alors que les autres souches ne sont plus réisolées au-delà de 2 mois de conservation.

Les inoculations expérimentales sur plantules de tomate cultivées aseptiquement ont été réalisées avec 7 souches et 7 clones monozoospores. Cinq de ces souches et les clones correspondants sont virulents et tuent les plantules en moins d'une semaine. La souche isolée d'ananas est peu pathogène, celle à caractères physiologiques particuliers isolée sur cacaoyer n'est pas parasite pour la tomate.

Deux de ces souches, celle provenant d'ananas et l'autre isolée sur fraisier, ont été inoculées, par arrosage du sol, à des plants de 10 jours cultivés à 27 °C et en atmosphère saturée. Pour la tomate, l'aubergine et le gombo, les nécroses du collet et des racines apparaissent une semaine après l'inoculation et les plants meurent à partir du dixième jour. Les lésions du collet sur plants de coton de la variété BJA 592 sont peu importantes et ne provoquent pas de mortalité. Il en

est de même pour une variété locale d'arachide, blanche à 2 loges. Les deux souches sont virulentes pour le papayer, l'une d'elles seulement pour les variétés locales de tabac. Ces essais limités tendent à confirmer les observations effectuées sur les cultures et indiquent qu'il convient de les protéger, au moins pendant les premières phases de végétation, contre ce parasite.

Genre **Phytophthora** de By

D'après les symptômes observés chez les hôtes les plus communs des *Phytophthora :* arbres fruitiers, fruits, hévéa, ricin, cacaoyer, gombo, Solanacées, cocotier, les attaques de ces parasites semblent fréquentes et dans certains cas provoquer des dégradations importantes. Toutefois, à partir de très nombreux chancres d'agrumes, de cacaoyer et d'hévéa, à partir de pourritures de fruits, notamment d'oranges et de Solanacées, de cas de dépérissements d'avocatier ou de flétrissements de plantes à cycle court, d'altérations du cœur de cocotier et de rônier, la plupart des tentatives d'isolements furent négatives. Il semble que, dans bien des cas, ce fait ait été en particulier vérifié en pratiquant des coupes au microtome à congélation dans des tissus d'hévéa : les lésions sont rapidement envahies par une mycoflore complexe qui succède à l'agent causal ou peut-être l'élimine. Nous avons aussi indiqué ci-dessus la faible compétitivité des espèces de *Phytophthora* vis-à-vis des *Pythium* et des bactéries. Les prélèvements étant réalisés dans un laboratoire mobile de prospection, sommairement équipé, il s'écoulait un délai important, le plus souvent supérieur à une semaine, avant que les échantillons en tubes soient triés à la loupe binoculaire.

Les résultats mentionnés ici ne concernent que les souches obtenues en culture et ne peuvent pas être considérés comme représentatifs de la population de *Phytophthora* effectivement présente dans les zones étudiées ni de l'intensité du parasitisme. Les prospections ultérieures tendront non seulement à compléter l'échantillonnage des espèces mais aussi la gamme des hôtes et l'importance des dégâts provoqués.

Les premières récoltes ont été regroupées dans trois espèces en tenant compte à la fois des caractères morphologiques et des critères physiologiques.

Phytophthora palmivora (Butl.) Butl.

Cette espèce semble pour l'instant la plus répandue. Elle a été isolée d'agrumes, de cabosses de cacaoyer, de nécroses de panneaux de saignée d'hévéa et de pourriture du cœur de cocotier. Pour ces deux derniers hôtes, l'impossibilité d'épurer les cultures s'est traduite par une détermination sommaire et surtout l'impossibilité de procéder à l'étude biologique des souches.

Les récoltes proviennent de quatre régions dont seule la Sangha possède un climat constamment humide ; les trois autres, le Chaillu, la Vallée du Niari et la frange littorale ont des saisons sèches prolongées dont les effets sont légérement compensés par l'altitude dans le Chaillu. En première approximation, l'incidence du parasitisme semble quasi-indépendante des différences climatiques.

Les chancres d'agrumes sont très nombreux au Congo. Localisés à la base des troncs, ils provoquent dans la plupart des cas des déformations, voire même des cannelures du tronc. A la Station Fruitière de Loudima, l'échantillonnage des variétés, les essais de porte-greffes et de semis direct fournissent une indication sur les modalités du parasitisme dans les conditions écologiques du Niari assez proches de celles des autres régions d'agrumiculture. Les chancres apparaissent surtout sur des arbres jeunes âgés de moins de cinq ans. En semis direct, les mandariniers et les clémentiniers paraissent les plus sensibles. Parmi les porte-greffes vulnérables, seul le citronnier de Floride a une réelle importance économique.

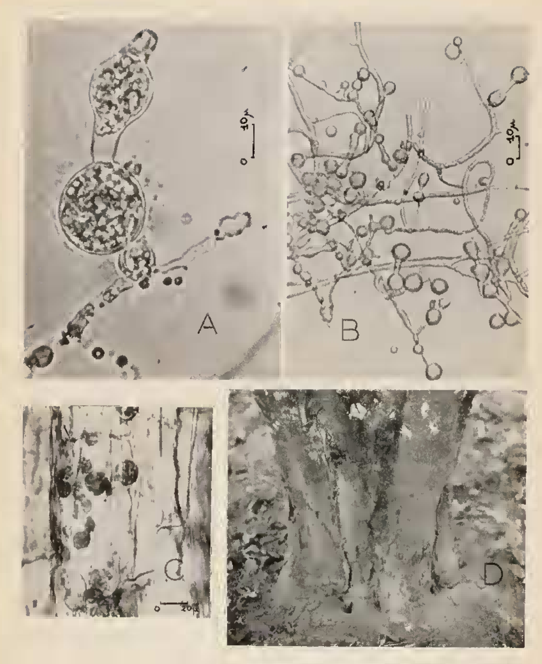


Planche II. — *Phytophthora* :

A. *P. palmivora.* Oospore germant en un sporocyste.
B. *P. cinnamomi.* Aspect du thalle.
C. *P. palmivora.* Coupe dans une racine de piment inoculée aseptiquement (cliché K. Dongo).
D. *P. parasitica.* Chancres de la base du tronc d'un oranger (cliché B. Boccas).

Les attaques les plus fréquentes se situent à proximité du collet ; sur tronc ou sur les fourches et les branches des formes basses, les chancres correspondent le plus souvent à d'anciennes blessures ou à des emplacements de gourmands mal

élagués. Les attaques de racines sont rares. Tous les degrés d'évolution existent entre les plants venant d'être transplantés portant de petites nécroses et les arbres avec des chancres à tous les stades, parfois même en cours de cicatrisation. Les premiers symptômes correspondent à des taches brunes, humides, souvent ovales, de quelques centimètres carrés. L'écorce spongieuse, parfois déprimée, laisse écouler par de petites fissures un exsudat gommeux de couleur brune, d'où le nom de gommose donné à la maladie. Sous l'écorce désorganisée, le cambium se colore en brun rougeâtre et se décompose rapidement. La pourriture brune concerne les assises superficielles du bois qui sécrètent la gomme. Tout autour, dans le cambium et dans le bois s'étend une zone fortement pigmentée, jaune à ocre, d'où sort également de la gomme. Des plages de bois sont rapidement dénudées, ces chancres peuvent atteindre dix à quinze centimètres de haut et de cinq à dix de large. Le parasite peut remonter sous l'écorce bien au-delà des lésions visibles ; il est décelable par le dessèchement et le fendillement de l'écorce sous laquelle le bois présente les caractères mentionnés plus haut. L'écorce produit des bourrelets cicatriciels, souvent irréguliers, qui entourent et recouvrent partiellement le bois mort. Certains citronniers et des mandariniers forment des cannelures entre les chancres lorsque ceux-ci ceinturent la base du tronc ; assez souvent des gourmands poussent avec vigueur au-delà de la zone nécrosée. Le retard de croissance et la réduction de la production dépendent de l'importance de la destruction des tissus vasculaires. Cependant, d'après les observations échelonnées sur deux ans, la maladie sévit surtout lorsqu'un micro-climat humide est maintenu à la base des arbres. La longue saison sèche ralentit l'évolution des chancres qui peuvent être supprimés à cette période en excisant les parties malades et en désinfectant le bois mis à nu. Dans ces conditions, il ne semble pas que la gommose soit un facteur limitatif de l'utilisation du citronnier de Floride comme porte-greffe étant donné qu'il est résistant au quick decline, maladie à virus largement répandue dans le pays.

Dans toutes les régions de culture du cacaoyer existent la pourriture brune des cabosses et celle des chancres de troncs. Le *P. palmivora* n'a pas été encore isolé des prélèvements effectués sur ces chancres. L'altération des cabosses constitue un problème économique grave.

Le parasite peut envahir les cabosses à tous les stades depuis la formation jusqu'à la maturité. Seules les attaques tardives ne provoquent pas de pertes de récolte. Les premiers symptômes se manifestent par de petites taches brunes, mates, le plus souvent groupées autour du pédoncule et vers l'apex du fruit, parties le plus longtemps humides. Rapidement les lésions s'étendent, l'épicarpe brunit et se décompose. Les jeunes cabosses se dessèchent. Elles tombent ou restent fixées à l'arbre. Elles représentent, avec les coussinets fructifères, d'importantes sources de contamination. Sur les cabosses plus âgées, les nécroses forment des taches irrégulières, garnissant parfois la presque totalité du fruit. Après avoir traversé le mésocarpe et l'endocarpe, l'agent pathogène provoque la décomposition de la pulpe et des fèves. Celles-ci cessent de se développer, noircissent et se contaminent de proche en proche. Comme le *Trachysphæra fructigena*, le *P. palmivora* a besoin d'une humidité élevée et d'une pellicule d'eau pour attaquer les cabosses. Toutefois il pénètre dans les tissus sans blessure préalable.

Trois facteurs favorisent le maintien d'un taux de parasitisme élevé. Deux créent un micro-climat favorable à la maladie : la nature du sol et la masse de végétation, le troisième résulte d'aléas de la protection phytosanitaire. Principalement dans la Sangha, les sols argilo-sableux, à drainage faible, restent humides entre les pluies. L'éclaircissement de la forêt est souvent insuffisant ; dans la plupart des cas la taille des cacaoyers ne réduit pas assez la charpente et le feuillage des arbres. L'ensemble contribue à entretenir un micro-climat humide, chaud, peu perturbé par la circulation de l'air, favorisant la pénétration du *P. palmivora* dans l'épiderme des cabosses. Or, les sources de contamination sont nombreuses avec les jeunes cabosses demeurées attachées aux cacaoyers ou laissées sous les arbres ; souvent l'irrégularité ou l'absence de traitements n'entrave pas la dissémination du parasite.

Les nécroses de panneaux de saignée d'hévéa ne sont pas aussi importantes, à conditions égales d'exploitation, que dans des régions plus humides Les seedlings, principalement de la variété Rubana, à écorce très épaisse, sont indemnes. Les clones les plus sensibles sont les Tjir 1 et 76, les PB 86 et 186.

Des lésions noirâtres caractérisent les plaies de saignée excessives atteignant le bois. Tout autour, l'écorce s'affaisse, il s'en écoule des exsudats de latex peu importants. Après les dépressions du suber apparaissent des fendillements d'abord linéaires puis fusiformes et brunâtres.

Des stries noires se forment dans l'écorce profonde et dans le bois, puis apparaissent des taches nécrotiques brunes à marron foncé provenant de la coalescence des lésions initiales. Les nécroses évoluent assez rapidement dans le cambium, le liber et le bois superficiel et provoquent le décollement de l'écorce qui prend une coloration brun-violet, parfois vineuse, diffuse. Les accidents de panneaux peuvent aussi se manifester par des chancres se formant soit au niveau de la gouttière de saignée lorsque celle-ci a lésé les tissus profonds, soit au-delà de l'encoche par suite de la progression verticale du parasite sous l'écorce d'apparence saine. Dans tous les cas la production de latex cesse dans les parties parasitées et dans des secteurs d'écorce éloignés des lésions

Le long du littoral atlantique, de nombreux cocotiers et une proportion importante des rôniers des peuplements naturels présentent une pourriture du bourgeon terminal. Les premiers stades de la maladie n'ont pas été observés. L'évolution des symptômes a été déduite des observations effectuées sur les arbres abattus et ne présentant pas d'attaques d'insectes. Les dernières feuilles formées pourrissent au niveau du pétiole. Ceux-ci, au point d'insertion, subissent une décomposition qui colore les tissus en jaune clair. Il n'y a pas de sève mais il suinte un liquide gluant d'odeur putride. Les limbes de ces feuilles restent atrophiés et se dessèchent. Les ébauches foliaires situées à l'intérieur du cœur sont normalement constituées mais translucides à jaunâtres, en cours de décomposition. Les vaisseaux et les fibres deviennent spongieux, avec de place en place des stries verticales rougeâtres de moins d'un millimètre de diamètre sans liaison entre elles. L'altération ne descend pas beaucoup au-dessous de la couronne, généralement à moins de 50 centimètres du cœur les tissus du stipe semblent sains.

En culture pure, le *P. palmivora* forme un thalle fibreux, dense, avec un mycélium aérien ras d'un blanc mat. Les hyphes hyalines ont de 3.5 à 8 μ de diamètre et possèdent une paroi épaisse. Elles portent des chlamydospores sphériques, intercalaires ou terminales, jaune paille, à paroi lisse d'environ 0,5 μ d'épaisseur, mesurant de 20 à 30 μ. Les sporocystes sont portés par des sporangiophores différenciés, longs de 50 à 100 μ. Ovoïdes à piriformes, parfois globuleux, les sporocystes possèdent une papille apicale proéminente et se détachent du thalle à maturité. La taille des sporocystes varie d'une souche à l'autre ainsi qu'en fonction de la nature du milieu nutritif, les dimensions les plus courantes sont de 30-50 $\mu \times$ 25-45 μ. La germination des sporocystes a lieu soit directement par émission d'un ou plusieurs tubes germinatifs, soit indirectement par libération de zoospores bi-flagellées après déchirure de la papille apicale. Fréquemment, le contenu du sporocyste se déverse dans une vésicule fugace où les zoospores nagent pendant quelques instants, ayant exactement le même aspect que les vésicules observées chez certains *Pythium* (une séquence d'un film réalisée au Laboratoire de Biologie expérimentale de la Faculté des Sciences d'Orsay représente nettement cette étape intermédiaire accidentelle).

Les souches hétérothalliques produisent des oospores avec des souches de signe complémentaire non seulement de *P. palmivora* mais aussi de *P. parasitica*, de *P. capsici*, de *P. drechsleri* et de *P. cinnamomi*. Les oospores sont globuleuses, jaunes, à paroi épaisse et lisse. Le diamètre est de 25 à 40 μ. Les anthéridies amphigynes sont trapues et mesurent 10-15 $\mu \times$ 5-7 μ, toutefois dans certains croi-

sements interspécifiques coexistent des anthéridies du type normal et des anthéridies allongées, généralement considérées comme caractéristiques d'espèces différentes du *P. palmivora*.

La vitesse de croissance des souches du *P. palmivora* est proche de celle du *P. vexans*. Ce champignon pousse faiblement à 20 °C. L'optimum thermique, parfois assez large, se situe entre 27 °C et 29 °C. Au-delà de 32 °C, la vitesse de croissance diminue, elle est faible ou s'annule à 33 °C, la plupart des souches ne poussent pas à 35 °C (fig. 5). Les souches étudiées peuvent utiliser des sources minérales de soufre et d'azote sous forme d'ions sulfate, nitrate ou ammonium. La thiamine est nécessaire à la formation des sporocystes et à la reproduction sexuée. Celle-ci est stimulée par l'apport de cholestérol ou de β sito-stérol.

Des études préliminaires du pouvoir pathogène ont été réalisées avec une souche et un clone d'origine monozoospore, en provenance de cabosse de cacaoyer, sur plantules de tomates en culture aseptique. La mort intervient entre cinq et dix jours après l'inoculation, l'ensemble des tissus est envahi. Les essais systématiques d'infections expérimentales en chambre d'incubation sont en cours. La souche ci-dessus est pathogène pour l'aubergine, la tomate, le coton — BJA 592 —, le gombo ; elle n'a pas provoqué de lésions importantes, après cinq semaines d'incubation, sur troncs de jeunes orangers, cacaoyers et corrosols inoculés après blessure. Deux souches isolées d'agrumes sont également pathogènes pour l'aubergine, la tomate, le coton, le gombo. L'une d'elles provoque des lésions sur tronc de cacaoyer dans les conditions indiquées ci-dessus. Ces deux souches ne semblent pas parasites sur de jeunes hévéas.

Phytophthora parasitica Dast.

Cette espèce a été isolée sur agrumes dans la région de Brazzaville et à la station fruitière de Loudima ainsi que sur aubergine.

Les symptômes sur tronc d'oranger et sur chancres du collet de citronnier de Floride ressemblent à ceux provoqués par le *P. palmivora*. En particulier, les exsudats de gomme apparaissent dès le début des nécroses, les chancres dénudent des plages de bois mort entourées de bourrelets cicatriciels. Il ne paraît pas exister de différence de sensibilité pour les variétés d'agrumes et les porte-greffes observés vis-à-vis du *P. palmivora* et du *P. parasitica* dans les conditions écologiques particulières au Congo.

Sur aubergine, le *P. parasitica* a été isolé de racines et de collets nécrosés où ce champignon coexistait avec trois *Pythium : P. aphanidermatum, P. splendens* et *P. vexans*. Aussi n'est-il pas possible de préciser les symptômes provoqués par cette souche de *P. parasitica*.

En culture pure, ce champignon a un aspect analogue à celui du *P. palmivora*, les souches produisant un mycélium aérien plus abondant et duveteux. Les chlamydospores, globuleuses, ayant de 20 à 30 μ de diamètre, possèdent une paroi épaisse, lisse et jaune. Les sporocystes sont plus polymorphes que ceux des souches de *P. palmivora* étudiées. Ils sont ovoïdes, limoniformes, piriformes, rarement sphériques, fortement papillés, sessiles à maturité. Sur un même milieu, leurs dimensions sont très variables, généralement de l'ordre de 40-60 $\mu \times$ 25-50 μ. Ils sont portés par des conidiophores grêles, larges de 3 à 4 μ et longs de 30 à 100 μ. Ces sporocystes germent soit par des filaments, soit par une déchirure de la papille apicale en libérant des zoospores bi-flagellées mesurant 10 à 12 μ. La souche isolée d'aubergine produit peu de sporocystes et n'a jamais formé d'oospores dans les multiples confrontations tentées. Les souches isolées d'agrumes sont fertiles avec des souches de signe complémentaire de *P. parasitica*, de *P. palmivora*, de *P. drechsleri* et de *P. cinnamomi*. Les oospores de couleur jaune, globuleuses, possèdent une paroi épaisse et lisse, leur diamètre varie de 20 à 40 μ. Les anthéridies amphigynes, compactes, mesurent 10-12 $\mu \times$ 8-10 μ.

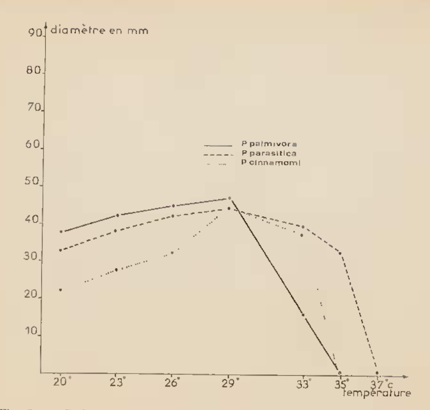


Fig. 5. — Croissance radiale en 96 h. des *Phytophthora palmivora* (souche isolée d'oranger) et *P. parasitica* (souche isolée de citronnier de Floride) ; croissance radiale en 48 h. du *P. cinnamomi* (souche isolée de papayer).

Plus que par des différences morphologiques, le *P. parasitica* se distinguerait du *P. palmivora* par son profil thermique. Les deux espèces possèdent une vitesse de croissance équivalente mais le *P. parasitica* a un optimum de croissance proche de 30 °C, manifeste une faible dépression à 33 °C et pousse à 35 °C (fig. 5). D'après certains travaux en cours, cette distinction semble fragile. La souche isolée sur aubergine a un profil thermique analogue à celles provenant d'agrumes mais avec une vitesse de croissance plus grande. Pour toutes ces souches, la température létale semble comprise entre 35 ° et 37 °C.

Les besoins nutritifs du *P. parasitica* sont identiques à ceux du *P. palmivora*. Toutes les souches testées peuvent utiliser des ions sulfate, nitrate ou ammonium, deux d'entre elles forment quelques chlamydospores et de rares sporocystes en absence de thiamine. Toutefois, ce facteur de croissance est nécessaire pour obtenir une sporogenèse normale et pour réaliser la reproduction sexuée qui est d'autre part facilitée par l'apport de stérols.

Les souches de *P. palmivora* et de *P. parasitica*, de même que les clones d'origines monozoospores, ne se conservent pas plus de deux mois dans un sol tamisé stérile et humidifié. Chaque réisolement a conservé son pouvoir pathogène (établi préalablement par des inoculations expérimentales sur plantules) vis-à-vis de jeunes plants d'aubergine ou de tomate ; toutes ces expériences se sont déroulées en cultures aseptiques.

Les premiers essais d'infections expérimentales sur cultures en pots en chambre d'incubation ont donné des résultats analogues pour les souches isolées de *Citrus* et celle provenant d'aubergine. Elles sont pathogènes pour la tomate, l'auber-

gine, le coton — variété BJA 592 —, le gombo, le papayer mais ne semblent pas parasites pour le corrosol (une souche) et pour de jeunes plants d'hévéa (deux souches).

Phytophthora cinnamomi Rands

Ce parasite est extrêmement polyphyte : Thorn et Zentmeyer [21] indiquent qu'il attaque plus de cent espèces végétales. Au Congo, le *P. cinnamomi* a été isolé de plants d'avocatier, de jeunes plants de cacaoyer, de papayer et de tomate. Ces échantillons proviennent de régions à climats très différents mais les prélèvements furent effectués soit dans des sols compacts et mal drainés, soit dans des terrains subissant un engorgement temporaire.

Le dépérissement des avocatiers est fréquent tant en culture familiale qu'à la station fruitière. Il survient sur de jeunes plants de 2 à 3 ans ou sur des arbres âgés. Les symptômes, dans les deux cas, débutent par une modification de la couleur du feuillage qui devient vert-jaune. Lors du renouvellement du feuillage, celui-ci est de moins en moins dense. Les limbes, de taille réduite, perdent leur turgescence et pendent. Les rameaux les plus élevés perdent leur feuillage et se dessèchent. Parfois, en quelques semaines, l'arbre se dépouille entièrement et meurt. A la station fruitière, l'accroissement de floraison précédant le dépérissement ne semble pas se produire régulièrement. La cause de ces accidents, quel que soit l'âge des avocatiers, est la destruction du système radiculaire par le *P. cinnamomi*. Les jeunes arbres malades proviennent souvent de semis infectés et l'agent pathogène envahit progressivement les racines. Pour les sujets âgés la contamination doit se produire dans le sol, et le dépérissement est favorisé par un excès d'eau permanent ou temporaire.

Tous les arbres arrachés présentent les mêmes symptômes. Les racines ne sont plus fonctionnelles et on ne décèle pas d'émission de nouveaux verticilles. L'écorce des radicelles est brune à noirâtre, épaisse, liégeuse, cassante. Le cylindre central présente souvent une pigmentation jaunâtre qu'il est possible de suivre parfois jusqu'au niveau du collet dans les grosses racines sèches qui, extérieurement, ne semblent pas atteintes.

Le *P. cinnamomi* a été isolé de plants de cacaoyer, environ six mois après leur transplantation dans un sol argilo-sableux insuffisamment drainé. Les feuilles et les rameaux se dessèchent à la suite de nécroses du collet et de destructions des racines ayant les mêmes caractères que celles observées sur avocatiers.

Sur papayer, le *P. cinnamomi* attaque les racines et les collets. La croissance des plants est réduite, en fin d'évolution le feuillage jaunit et tombe. Les racines nécrosées présentent parfois un rougissement du cortex. Au collet et à la base des troncs une pourriture humide désorganise les tissus, elle remonte le long de la moelle mais semble alors résulter de la pénétration de bactéries et de *Fusarium* par les nécroses situées au niveau du sol. L'agent pathogène provoque également la flétrissure des tomates.

En culture pure, le *P. cinnamomi* forme un thalle dense et très fibreux, le mycélium aérien abondant est blanc-perle, parfois légèrement jaunâtre. Les hyphes hyalines possèdent une paroi épaisse de 0,4 à 0,8 μ et sont irrégulières, abondamment ramifiées, le plus souvent en formant presque un angle droit. Elles forment des vésicules, généralement groupées en amas, subglobuleuses, jaunes à paroi mince. Certaines souches produisent des chlamydospores plus foncées, à paroi épaisse, ayant 15 à 25 μ de diamètre, terminales ou intercalaires, le plus souvent intramatricielles.

La production de sporocystes n'a pas été obtenue en appliquant la méthode de Mehrlich aux souches locales et à des souches de référence auxquelles nous avions fait précédemment former des sporocystes par cette technique.

Les souches isolées au Congo sont hétérothalliques et toutes du même signe. Elles produisent des oospores avec notamment des souches de *P. palmivora* et de *P. parasitica*. Celles-ci sont globuleuses, jaunes à paroi épaisse ; leur diamètre varie de 30 à 40 μ. Les anthéridies amphigynes, en forme de tonnelet, mesurent 12-15 μ × 8-10 μ.

La vitesse de croissance du *P. cinnamomi* est beaucoup plus importante que celles du *P. palmivora* et du *P. parasitica*. Toutefois, si les souches testées poussent plus vite à 20 °C, leur optimum thermique se situe vers 29 °C et à 33 °C la croissance est arrêtée ou fortement ralentie. Une seule souche pousse à 35° C, cependant après avoir été soumises à cette température pendant 48 à 96 heures, les souches ne sont pas tuées (fig. 5).

Les souches de *P. cinnamomi* peuvent utiliser des ions sulfate, nitrate ou ammonium comme sources uniques de soufre et d'azote. En l'absence de thiamine, elles produisent un thalle intramatriciel lâche. Ce facteur de croissance est nécessaire pour obtenir sur un milieu minéral glucosé un thalle d'aspect normal. Alors que confrontées avec les souches citées ci-dessus, sur des extraits gélosés de pois ou d'avoine, les souches de *P. cinnamomi* produisent des oospores, elles sont stériles ou faiblement fertiles sur un milieu minéral additionné de thiamine et de β sito-stérol.

Comme pour les deux espèces précédentes, les études de pouvoir pathogène sont en cours. Trois souches isolées d'avocatiers et de papayer sont parasites pour l'aubergine, la tomate, le gombo, le papayer, dont des plants en cours de croissance sont tués en une semaine à 27 °C et en atmosphère saturée. Les deux souches isolées d'avocatiers sont peu virulentes, dans ces conditions, pour des plants de coton — BJA 592 — tandis que la souche provenant de papayer provoque leur mort en en une semaine.

Méthodes de lutte

Les Pythiacées parasites envahissent le plus souvent le cambium et les tissus vascularisés. Leur localisation à l'intérieur des plantes les rend pratiquement inaccessibles, aussi convient-il d'intervenir de préférence à titre préventif. L'état sanitaire d'une culture compatible avec une productivité satisfaisante résulte d'un équilibre souvent fragile entre l'état physiologique de la plante et son environnement, climat, sol et parasites qui interfèrent également entre eux. Le déplacement de cet équilibre en faveur de la plante peut être obtenu par deux méthodes : d'une part la modification des techniques agronomiques en relation avec l'environnement édaphique et climatique, d'autre part la modification ou la destruction de la microflore par des traitements chimiques. Si ceux-ci sont possibles dans le cas de cultures industrielles à haut rendement, les adaptations culturales peuvent produire des améliorations de l'état sanitaire peu onéreuses et facilement réalisables par les agriculteurs.

Les voies d'action sont regroupées en trois catégories concernant les semis et les pépinières, les cultures arbustives, les cultures maraîchères.

1) Semis et pépinières

Dans les premières phases de végétation, le facteur sol est souvent prépondérant. La plupart des accidents observés en pépinières sur cacaoyer, poivrier, arbres fruitiers, résultent d'une part d'une excessive compacité des sols et d'autre part d'une utilisation trop prolongée des parcelles. Les Instituts tropicaux, dont la vocation est de produire d'importantes quantités de plants sélectionnés, ont mis au point des techniques éprouvées. Que les plants soient produits en plates-bandes ou dans des sacs plastifiés, la structure de la terre utilisée est modifiée par l'apport de sable ou de tourbe, de façon à la rendre meuble et perméable. L'arrosage est modéré et

régulièrement réparti de façon à ne pas rendre le sol compact ; pour éviter des engorgements temporaires le drainage est calculé largement. Afin d'éviter la pullulation des parasites, la terre des pépinières peut être renouvelée après chaque cycle de culture ou bien désinfectée, eu égard au volume peu important à traiter. Il est préférable d'employer des produits à la fois fongicides et nématicides, notamment le méthyldithiocarbamate de sodium à des doses de 150 à 300 kg dans 1.500 litres d'eau par hectare. Lors d'attaques de collets ou de racines en cours de végétation, l'application de fongicides organiques tels que les dérivés des acides dithiocarbamiques — zirame, zinèbe, etc... — ou le captane ou le phaltane en solution aqueuse à 1 pour 100, à la dose de 2 à 5 litres par mètre carré peut arrêter la progression des parasites si par ailleurs les conditions de nutrition minérale sont optimales. Toutefois, il convient d'éviter d'exposer les jeunes plants à des variations brusques d'hygrométrie ou à un ensoleillement excessif qui les placent dans un état de moindre résistance. Comme les Pythiacées et les parasites qui leur sont fréquemment associés se développent rapidement par temps chaud et humide, dans la mesure du possible, la phase critique de végétation en pépinière ne doit pas coïncider avec les conditions climatiques optimales pour les parasites [14].

Il en est de même lors de la transplantation : les accidents graves observés au Congo résulteraient de la conjonction de facteurs favorables aux agents pathogènes. En particulier, les pertes élevées dans des parcelles de cacaoyer étaient liées à un engorgement quasi permanent du sol, à un excès de couverture végétale limitant l'aération et à l'insolation, créant au niveau des jeunes plants un micro-climat excessivement humide.

La plantation de parcelles d'ananas pendant la saison des pluies donne souvent des résultats médiocres à cause d'un taux de mortalité élevé et de la mauvaise végétation des plants ayant survécu aux attaques initiales. Jusqu'à maintenant seul le *P. vexans* a été trouvé dans des rejets plantés à proximité d'un des sites de prospection. Dans les autres cas, les délais de transport furent vraisemblablement trop longs pour pouvoir isoler des Pythiacées parasites des tissus nécrosés. Il serait à coup sûr rentable d'appliquer à ces plantations d'hivernage les techniques de soins mises au point par l'IFAC en Martinique [1]. Elles consistent à traiter le matériel à planter, rejets ou couronnes, par une solution à 1 pour cent de captane, de phaltane ou de dérivés de celui-ci. Afin de diminuer la durée de l'engorgement du sol après les pluies, les cultures sont réalisées sur billons avec pendant les 6 premières semaines de végétation 2 à 3 pulvérisations des mêmes produits à la même concentration.

2) **Cultures arbustives**

Le parasitisme des Pythiacées provoque des chancres du tronc souvent à proximité du collet sur agrumes et sur panneaux de saignée de l'hévéa, des dépérissements par destruction du système radiculaire en particulier sur avocatier, des pourritures de fruits surtout de cabosses de cacaoyer.

Agrumes

L'incidence des chancres d'agrumes peut normalement être limitée à un taux quasi négligeable par l'emploi de porte-greffes résistant à la gommose, en particulier le bigaradier. Or, celui-ci est sensible à une virose, le quick decline, qui existe à l'état emphytique en Afrique centrale. Nous avons indiqué que, dans les conditions climatiques du Congo, la virose provoque des dégâts beaucoup plus graves que la gommose. Dans ces conditions, il semble préférable d'utiliser, suivant les préconisations de l'IFAC, un porte-greffe résistant au quick decline, en l'occurrence le citronnier de Floride qui est sensible aux attaques de *Phytophthora*. D'après des observations portant sur trois ans seulement, il semble possible par l'emploi de techniques simples d'éviter la formation de chancres. La rotation des pépinières, malgré les inconvénients que cela représente pour l'irrigation, permet d'éviter l'accumulation de parasites dans les parcelles. Lors de la création des pépinières,

des essais de piégeage en enterrant soit la base de feuilles d'ananas, soit des avocats ou des agrumes, permettent de s'assurer qu'il n'existe pas de foyers importants de Pythiacées sur l'emplacement choisi. En effet, ces parasites provoquent en 4 ou 5 jours une pourriture translucide de la base des feuilles d'ananas ou la décomposition des fruits [6. 9]. De plus, lorsque le talon de greffage est bien soudé, le bourrelet cicatriciel ne représente pas une voie de pénétration favorable. Si au cours de la saison des pluies, à la suite de projections de boue infectée, apparaissent des symptômes de gommose, il est relativement aisé de procéder à un curetage léger des parties nécrosées puis d'appliquer une pâte fongicide. Il existe de nombreux produits de traitement ; parmi eux le Kankertox et le Santar A, résistant à la pluie et à l'humidité, semblent bien adaptés. Une bonne ventilation des parcelles permet de réduire l'humidité dès les premières heures du jour, ainsi le parasite ne se trouve pas dans des conditions favorables. En outre, la durée de la saison sèche ralentit l'évolution des nécroses. En grande culture, comme en verger familial, l'application de ces principes aux arbres adultes donne de bons résultats à condition toutefois que l'écorce de la base des troncs ne soit pas fissurée par suite d'une insolation excessive.

Les attaques de panneaux de saignée d'Hévéa paraissent toujours liées à une exploitation excessive, lésant le cambium et le liber. L'évolution lente des symptômes ressemble à celle connue en Malaisie. C'est pourquoi il paraît plausible de penser que l'application de techniques de saignée conservatrices analogues à celles préconisées par le Rubber Research Institute permettrait de limiter l'incidence de la maladie. La préconisation de soins préventifs n'est réalisable qu'après une expérimentation suivie. Les soins curatifs, comme en Extrême-Orient, consistent à cureter les parties nécrosées jusqu'au bois superficiel en ménageant une plaie à bords inclinés, sans fissurer l'écorce laissée en place, puis à appliquer un revêtement hydrofuge et fongicide, Kanderdood, Kankertox ou Santar.

Avocatier

Les cas de dépérissement d'avocatiers sont très fréquents tant en verger familial que dans certaines plantations situées dans des sols périodiquement gorgés d'eau.

Il semble que ce problème puisse être résolu, certes d'une façon strictement préventive, en appliquant les techniques mises au point par l'IFAC [6]. Celles-ci consistent à cueillir des fruits sains puis à les désinfecter par trempage dans de l'eau à 49-50 °C pendant 30 minutes avant de les placer en germoir sur du sable désinfecté à la vapeur ou au méthyldithiocarbamate de sodium (600 ml par mètre cube). Pour la transplantation en pots, on utilise du terreau désinfecté dans les mêmes conditions ; la plantation s'effectue dans des parcelles reconnues indemnes de parasite par les piégeages décrits ci-dessus, et surtout parfaitement bien drainées. Dans les vieilles plantations, l'éradication et le brûlage des plants morts, la désinfection des emplacements peuvent éventuellement retarder la propagation de la maladie.

Cacaoyer

Nous avons indiqué la présence de chancres de troncs assez nombreux mais dont l'étiologie est pratiquement inconnue. La pourriture de cabosses représente le problème le plus important.

Les différents parasites, capsides, *Trachysphæra fructigena*, *Phytophthora palmivora*, parfois des *Pythium*, fréquemment *Lasiodiplodia theobromæ*, puis des *Fusarium* concourent à la dégradation de la récolte. Celle-ci est favorisée non seulement par l'environnement, ombrage excessif et sols souvent compacts et humides, mais aussi par l'irrégularité des traitements mixtes et l'insuffisance de la taille phytosanitaire dont les principes ont été codifiés avec précision par l'IFCC. Sans revenir sur la périodicité des traitements en fonction du climat et du stade

de végétation, il convient de rappeler que, au moins pour les plantations à rendement élevé de l'ordre ou supérieur à 800 kg de cacao par hectare, les traitements fongicides sont efficaces et rentables. Parmi les produits les mieux adaptés pour détruire le *Phytophthora palmivora* et le *Trachysphæra fructigena*, deux semblent d'un emploi aisé. Il s'agit d'une part des sels de cuivre sous forme d'oxychlorure cuivreux ou d'oxyde cuivreux employés à raison d'environ 3 kg dans 200 litres d'eau par hectare, d'autre part de sels organo-stanniques actifs à faible concentration, certains comme le triphénylhydroxyde d'étain étant légèrement insecticides, dont la dose d'emploi varie suivant la formulation.

3) **Cultures maraîchères**

Les cultures maraîchères subissent les attaques de nombreux parasites, insectes, nématodes, cryptogames, et dans leur cas plus encore que dans les précédents, il est indispensable de lutter simultanément contre l'ensemble de la micro-faune et de la micro-flore pour maintenir la productivité. Or, l'exploitation des mêmes parcelles pendant de longues périodes provoque la prolifération de « complexes de parasites » [3]. Il existe deux possibilités d'y remédier : par des techniques culturales ou par leur association à des traitements chimiques.

La première méthode est facilement réalisable en culture familiale. Elle consiste à pratiquer une rotation des cultures, une jachère et l'amélioration de la structure du sol. La rotation des cultures évite le retour de plantes sensibles aux mêmes espèces et si elle est associée à un nettoyage très soigneux des parcelles, surtout avant la mise en jachère, elle représente une amélioration considérable par rapport aux conditions actuelles d'exploitation. Pour le sol, le maintien d'une structure meuble et de la perméabilité, ou la réalisation d'un drainage efficace jusqu'à une profondeur de 40 cm, l'enrichissement par apport de compost ou par écobuage à défaut d'engrais sont indispensables pour assurer une végétation vigoureuse des cultures, paramètre non négligeable des relations entre l'hôte et ses parasites.

La seconde méthode, par voie chimique, assure une destruction plus radicale de la micro-flore. Comme pour la préparation des pépinières, il convient d'employer des produits polyvalents, en particulier le méthyldithiocarbamate de sodium à des doses de l'ordre de 150 à 300 kg par hectare.

Lors du semis, la désinfection des semences par un fongicide organomercurique, ou contenant du TMTD, ou dérivé d'un acide dithiocarbamique, assure la protection des graines en cours de germination. Dans les parcelles préalablement désinfectées au Vapam, il est rare qu'apparaissent des fontes de semis. Il est possible d'y remédier, comme dans les pépinières, en appliquant un traitement à base de zinèbe, de manèbe, de TMTD, de captane ou de phaltane, en solution à 1 pour 100 à la dose de 2 à 3 litres par mètre carré.

Le problème le plus ardu réside dans la protection des fruits, notamment de tomate et d'aubergine. En effet, outre les Pythiacées, principalement des *Phytophthora*, de nombreux champignons pathogènes et des bactéries attaquent les fruits. Des applications périodiques de fongicides, parfois hebdomadaires en saison des pluies, permettent souvent de contrôler les infections. Les produits les plus fréquemment employés sont la bouillie bordelaise à 1 pour 100, l'oxychlorure cuivrique à la dose de 200 à 500 g pour 100 litres d'eau, l'oxychlorure de cuivre associé à un dithiocarbamate, le plus souvent le zinèbe, et utilisés aux mêmes concentrations. L'application de carbatène, de captane ou de phaltane peut s'effectuer à des doses de 200 à 300 g pour 100 litres d'eau. L'addition d'un mouillant et d'un adhésif améliore la qualité des traitements. Dans tous les cas l'application des produits fongicides doit être effectuée avec beaucoup de soin et atteindre toutes les parties du feuillage et des fruits à protéger. Ces soins sont nécessairement associés à l'entretien d'un micro-climat défavorable aux agents pathogènes : bonne circulation d'air, taille de formation pour les tomates en particulier, élimination périodique des tiges et des fruits attaqués.

Les mesures de protection phytosanitaire envisagées ci-dessus concernent les *Pythium* et les *Phytophthora*. Elles ont seulement une valeur indicative car chaque cas nécessite une intervention dont la nature est déterminée par la correction d'un ou de plusieurs facteurs défavorables à la plante cultivée. A plus long terme, les sélections de variétés ou les choix de porte-greffes résistants sont les moyens de lutte les plus bénéfiques et les plus simples pour les utilisateurs.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BARBIER (M.), 1965. — Note sur la lutte contre la pourriture des rejets d'ananas due à *Phytophthora parasitica*. *C.R. cong. prot. cult. trop., Marseille*, 761-763.

[2] BOISSON (C.) et RENARD (J.-L.), 1967. — Les maladies cryptogamiques des plantes maraîchères en Côte-d'Ivoire. *Agron. Trop., XXII*, 8, 699-755.

[3] BOUHOT (D.), 1965. — Les champignons du sol parasites des plantes cultivées au Sénégal. *C.R. cong. prot. cult. trop., Marseille*, 819-822.

[4] FREZZI (M.J.), 1950. — Las especies de *Phytophthora* en la Argentina. *Revista de Invest. Agric., IV*, 1, 47-134.

[5] FREZZI (M.J.), 1952. — Especies de *Pythium* fitopatogenas identificadas en la Republica Argentina. *Revista de Invest. Agric.*, X, 2, 113-241.

[6] FROSSARD (P.), 1965. — Une pourriture des racines de l'avocatier causée par *Phytophthora cinnamomi*, nouvelle en Côte-d'Ivoire. *C.R. cong. prot. cult. trop., Marseille*, 765-769.

[7] GOUJON (M.), 1965. — Etude expérimentale du développement du thalle du *Trachysphæra fructigena* Tab. et Bunt. *Revue générale de Botanique, 72*, 353-412.

[8] KLOTZ (L.J.) et FAWCETT (H.S.), 1952. — Manuel en couleurs des maladies des *Citrus*. - traduit de l'anglais par COMELLI (A.) et LEMAISTRE (J.), Ed. Setco, Paris.

[9] KLOTZ (L.J.) et de WOLFE (T.A.), 1958. — Techniques for isolating *Phytophthora spp.* which attacks *Citrus*. *Plant. Dis. Reptr., 42*, 5, 675-676.

[10] MOREAU (C. et M.), 1952. — Etude mycologique de la maladie de l'encre du chêne. *Rev. Pathol. vég. Entom. Agr. Fr., XXXI*, 201-231.

[11] MOREAU (C. et M.), 1954. — Le dépérissement des Agrumes en Côte-d'Ivoire. *Rev. de Mycol.*, XIX, suppl. col. n° 2, 55-57.

[12] MOREAU (C. et M.), 1958. — Le « blast » des jeunes palmiers à huile. Observations sur le système radiculaire de l'hôte et sur ses parasites. *Rev. de Mycol., XXIII*, suppl. trop. n° 1, 201-232.

[13] RAVISÉ (A.), 1964. —Rapport de mission pour l'étude des nécroses des panneaux de saignée de l'hévéa au Cambodge et au Viet-Nam. 124 p., document O.R.S.T.O.M. non publié.

[14] RAVISÉ (A.), 1965. — Etude de parasites de plantules d'*Elæis guineensis* en prépépinières. *C.R. cong. prot. cult. trop., Marseille*, 801-806.

[15] RAVISÉ (A.), 1968. — Etude expérimentale de l'incidence de la nutrition sur l'accomplissement du cycle de Pythiacées parasites de cultures tropicales. *C.R. Acad. Sci.*, sér. D, 18 nov. 1968.

[16] Riggenback (A.), 1959. — Antimucin a new water miscible fungicide for the control of black stripe. *Quart. J. Rubb. Res. Inst. Ceylon, 35*, 1, 8-9.

[17] Roger (L.), 1951. — Phytopathologie des pays chauds, tomes 1 et 3. Lechevalier éd., Paris.

[18] Schwinn (F.J.), 1959. — Untersuchungen zur Systematik der Gattung *Phytophthora* de Bary. *Archiv fur Mikrobiologie, 33*, 223-252.

[19] Tarjot (M.), 1964. — De quelques facteurs favorisant le développement des pourritures de cabosses du cacaoyer en Côte-d'Ivoire. *Café, Cacao, Thé, VIII*, 1, 32-38.

[20] Tarjot (M.), 1967. — Etude de la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Côte-d'Ivoire, lieux de conservation du parasite en saison sèche. *Café, Cacao, Thé, XI*, 4, 321-330.

[21] Thorn (W.A.) et Zentmeyer (G.A.), 1954. — Hosts of *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Dis. Reptr., 38*, 47-52.

[22] Thorold (C.A.), 1967. — Black pod disease of *Theobroma Cacao*. *R.A.M., 46*, 5, 225-237.

[23] Tucker (C.M.), 1931. — Taxonomy of the genus *Phytophthora* de Bary. *Missouri Agr. Expt. Sta. Res. Bull., 153*, 1-208, réédition *Bibliotheca mycologica, 7*, éd. J. Cramer.

[24] Turner (G.J.), 1965. — Plant pathology division report. *Rep. Res. Brch. Dep. Agric. Sarawak*, 83-91.

[25] Wager (V.A.), 1940. — Descriptions of the South African *Pythiaceæ* with records of their occurrence. *Bothalia*, IV, 3-35.

[26] Waterhouse (G.M.), 1956. — The genus *Phytophthora* de Bary. *Miscellaneous papers* n° 12, éd. C.M.I., Kew.

[27] Waterhouse (G.M.), 1963. — Key to the species of *Phytophthora* de Bary. *Mycological papers* n° 92, éd. C.M.I., Kew.

[28] Waterhouse (G.M.), 1967. — Key to *Pythium* Pringsheim. *Mycological papers* n° 109, éd. C.M.I., Kew.

[29] Zentmeyer (G.A.), 1961. — Avocado diseases in the Americas. *CEIBA Tegucigalpa, 8*, 61-79.

[30] Zentmeyer (G.A.) et coll., 1962. — Avocado root rot. *Cal. Agric. Exper. Sta.*, Circular, 511, 1-20.

[31] Zentmeyer (G.A.) et Mircetich (S.M.), 1963. — Saprophytism and persistance in soil by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology, 53*, 1145-1147.

(Laboratoire de Phytopathologie,
Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer, Brazzaville, Congo)